

Qué saben los/as alumnos/as de Primaria y Secundaria sobre los sistemas materiales. Cómo lo tratan los textos escolares

Cristina Martínez Losada, Susana García Barros y Juan Carlos Rivadulla López

Facultade de Ciencias da Educación. Universidade da Coruña. A Coruña. España.
E-mails: cmarl@udc.es, susg@udc.es, jrivadulla@udc.es

Resumen: En este trabajo se pretenden averiguar los conocimientos que poseen los/as alumnos/as de tercer ciclo de Primaria y de primer ciclo de ESO sobre distintos sistemas materiales y en qué medida los textos escolares promueven su adecuada caracterización y diferenciación. Los resultados ponen de manifiesto que los/as alumnos/as participantes en el estudio poseen una concepción restringida de mezcla, muy centrada en lo perceptible, que excluye a productos que se encuentran naturalmente mezclados. Sin embargo, poseen unos conocimientos más académicos respecto a la diferenciación entre sustancias simples y compuestos. Por otra parte, los textos habitualmente empleados presentan algunas deficiencias que podrían explicar las ideas de los/as estudiantes. Concretamente los textos no tratan al mismo nivel los distintos tipos de sistemas materiales. Así, las mezclas se estudian en Primaria y Secundaria a nivel fenomenológico y macroscópico, mientras que las sustancias puras simples y compuestas se tratan en secundaria, empleando el nivel explicativo macroscópico.

Palabras clave: Mezcla, compuesto, primaria, secundaria.

Title: What students of primary and secondary know about materials on the systems? How to treat it in textbooks?

Abstract: This work aims to ascertain the knowledge students of primary third cycle and secondary first cycle have about different material systems and how the textbooks promote their proper characterization and differentiation. The results show that students participating in the study have a narrow conception of mixture, very focused on what they perceive, which excludes products that are naturally mixed. However, the students have more academic knowledge regarding the distinction between simple and compound substances. Moreover, the texts normally employed show some deficiencies that could explain the ideas of students. Specifically texts do not deal at the same level the different types of material systems. Thus, in primary and secondary are studying the mixtures phenomenological and macroscopic level, while the simple and compound substances are explained in secondary, using the macroscopic explanatory level.

Keywords: Mixture, compound, primary, secondary.

Introducción

El reconocimiento de la diversidad de la materia, es un objetivo fundamental de la enseñanza de la Química, cuya comprensión requiere, entre otros, la adquisición del concepto estructurante de sustancia pura (Furió *et al.*, 2000). Su estudio, integrado en el área de Conocimiento del Medio, se introduce ya en Educación Primaria, abordándose con un mayor nivel de profundidad a lo largo de la Educación Secundaria.

La investigación realizada en este campo ha puesto de manifiesto las diferencias existentes entre las ideas que utilizan los/as alumnos/as para explicar las características y comportamientos del mundo material que les rodea y las ideas que la Química emplea para su descripción e interpretación (Gómez Crespo, 1996; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Si bien la enseñanza de la Química ha de promover la evolución de las ideas de los/as estudiantes hasta otras científicamente más válidas, lo cierto es que en ocasiones ésta no consigue que tales ideas progresen adecuadamente (Caamaño y Hueto, 1992). En este sentido, aún teniendo en cuenta que es el profesorado el último responsable de la planificación y la acción docente, no podemos olvidar que los textos escolares son el material didáctico más empleado por los/as docentes, tanto de Primaria como de Secundaria, como guía y apoyo de la enseñanza (García Barros y Martínez Losada, 2003), por lo que sus propuestas ejercerán, sin duda, una influencia notable en el aprendizaje de los/as alumnos/as. Cabe destacar, en esta línea, que el tratamiento que los libros editados en nuestro país realizan sobre distintos temas encierran ciertas deficiencias, puestas de manifiesto por la investigación (Furió *et al.*, 2005; García Barros y Martínez Losada, 2005).

De acuerdo con lo anteriormente indicado, en este trabajo nos proponemos analizar la relación existente entre los conocimientos que poseen los/as alumnos/as sobre los distintos tipos de materia y el tratamiento conceptual que realizan los libros de texto sobre este particular. Dado que no siempre existe una adecuada coordinación entre niveles educativos consecutivos (Martínez Losada y García Barros, 2006; García Barros y Martínez Losada, 2007), centramos el estudio en el último ciclo de Primaria y el primero de Secundaria. Concretamente el estudio pretende dar respuesta las siguientes cuestiones: a) ¿Cómo caracterizan los/as estudiantes los distintos sistemas materiales?; b) ¿En qué medida los textos escolares más empleados promueven la deseable evolución de las ideas del alumnado?.

Fundamentos del estudio

El problema de cómo clasificar la diversidad de los sistemas materiales ha sido una cuestión clave de la Química y, de hecho, a lo largo de la historia, se han planteado diversos modelos conceptuales para su descripción e interpretación (Furió y Domínguez, 2007). En concreto, el modelo empírico de materia, elaborado a lo largo de los siglos XVI-XVIII, dio lugar a una definición operacional de sustancia pura, opuesta a la de mezcla, como "cuerpo con un conjunto de propiedades físicas y químicas características" (Solsona e Izquierdo, 1998). Asimismo, en el conjunto de sustancias puras, se introdujo la idea de sustancia simple, como aquella que no puede descomponerse en otras más sencillas, lo que permitió diferenciarla de

sustancia compuesta, que si puede descomponerse. De acuerdo con ello, un compuesto estaría formado por un número determinado de sustancias simples, con una composición definida. Por su parte, el modelo microscópico atomista, elaborado a partir del siglo XIX, aportó un marco explicativo del conocimiento empírico elaborado hasta el momento, estableciendo, además, un vínculo entre el mundo macroscópico y su representación microscópica. Desde esta perspectiva, cada sustancia estaría constituida por pequeñas partículas, cuya composición y estructura determinan sus propiedades. Estas partículas, a su vez, pueden estar formadas por átomos iguales, en el caso de una sustancia simple, o por dos o más átomos diferentes, en el caso de un compuesto. En síntesis, el desarrollo de la Química ha dado lugar a dos niveles de conocimiento, interrelacionados entre sí: a) el nivel macroscópico, que implica un conocimiento descriptivo y funcional, basado en un modelo operacional de materia, en términos de sus propiedades y comportamientos y b) el nivel microscópico, que se corresponde con un conocimiento explicativo abstracto del comportamiento macroscópico. Además, se ha considerado un tercer nivel, el simbólico, que permite representar la materia y expresar relaciones entre los dos niveles anteriores (Gabel, 1999).

En el ámbito escolar el estudio de la diversidad de la materia puede abordarse con distinto grado de complejidad, recomendándose el uso de secuencias que transcurran de lo concreto a lo abstracto, de lo particular a lo general y de lo simple a lo complejo (Sanmartí, 2002). En este sentido, debería emplearse inicialmente un planteamiento macroscópico y fenomenológico para la caracterización y diferenciación entre sustancias puras y mezclas, e ir avanzando hasta su interpretación microscópica, mediante un proceso de modelización progresiva (Sánchez Blanco y Valcárcel, 2003). Así, en una primera aproximación, un modelo corpuscular de la materia sería suficiente para explicar la diferente composición de las sustancias puras y de las mezclas, así como la constancia o variabilidad de sus propiedades, respectivamente. Posteriormente, la profundización en el concepto de sustancia pura, asociada a la diferenciación entre sustancias simples y compuestas, exigirá el uso de un modelo con mayor capacidad explicativa, como es el atómico-molecular (Benarroch, 2000; Sánchez Blanco y Valcárcel, 2003).

Sin embargo, la enseñanza habitual no siempre promueve la adquisición de las definiciones operacionales de los distintos tipos de sistemas materiales, necesarios para una adecuada interpretación microscópica posterior. Es frecuente que se obvie la interpretación corpuscular de los fenómenos macroscópicos (Bullejos *et al.*, 1995). En este sentido, la enseñanza suele centrarse en caracterizaciones microscópicas, en términos atómico-moleculares y en el uso del nivel simbólico, creyendo ingenuamente que estas explicaciones se asociarán fácilmente con los referentes macroscópicos supuestamente ya conocidos (Furió y Domínguez, 2007). Por otra parte, no podemos olvidar que algunas dificultades de aprendizaje provienen también de la propia complejidad conceptual de la disciplina objeto de estudio, así como de la existencia de ciertas ambigüedades terminológicas. Así, por ejemplo, el término elemento tiene un significado diferente según el contexto macroscópico/microscópico en que se enmarque (Caamaño y Oñorbe, 2004). Por ello, a pesar de que el

concepto de elemento químico, en estricto sentido, debe asociarse al ámbito microscópico, "una clase de átomos", en ocasiones es empleado en el aula, por profesores/as y libros de texto, como concepto equivalente a sustancia simple (Bullejos *et al.*, 1995).

En relación con lo anterior, la investigación didáctica ha puesto de manifiesto que los/as estudiantes, incluso de los últimos cursos de Secundaria, tienen problemas para conceptualizar de forma adecuada y coherente las sustancias puras a nivel macroscópico y microscópico, pudiendo atribuirles un significado dual (Furió y Domínguez, 2001; 2007). Así, es frecuente que, a nivel macroscópico, otorguen al término sustancia pura un significado ambiguo, e incluso más amplio, confundiéndolo con otros más generales como material o producto, o bien asociándolo a los productos naturales, de acuerdo con significados habituales del término "sustancia" en el lenguaje cotidiano (Lloréns, 1991; Pozo *et al.*, 1991). De esta forma, los/as estudiantes pueden utilizarlo para designar tanto a las sustancias puras como a las mezclas (Driver *et al.*, 1999; Azcona *et al.*, 2004). En este sentido, se han detectado dificultades para diferenciar sustancia pura de mezcla, especialmente cuando ésta es homogénea y, más concretamente, para diferenciar compuesto y mezcla, pues se considera que ambos están formados por más de una sustancia (Briggs y Holding, 1986). Por el contrario, a nivel microscópico, los/as alumnos/as suelen atribuir a las sustancias puras un significado más restringido, circunscrito a las sustancias simples constituidas por un solo tipo de átomos (Ben-Zvi *et al.*, 1986; Briggs y Holding, 1986). Paralelamente, tienen una concepción de compuesto como una mezcla aleatoria de átomos, en coherencia con la asociación macroscópica compuesto-mezcla antes señalada. En cualquier caso, a pesar de la insistencia de la escuela en el uso del método atómico-molecular de la materia, los/as alumnos/as no suelen recurrir de forma espontánea al nivel microscópico para caracterizar los distintos sistemas materiales (Hierrezuelo y Montero, 1989).

Metodología

Con el fin de averiguar los conocimientos de los/as alumnos/as sobre los distintos tipos de materia se encuestaron un total de 336 estudiantes (140 de 6º de Primaria, 102 de 1º de ESO y 94 de 2º de ESO), pertenecientes a cuatro centros públicos de la provincia de A Coruña. Las encuestas se realizaron en el último mes del curso escolar, de forma que los/as alumnos/as habían trabajado ya los contenidos relativos al tema de la diversidad de sistemas materiales, correspondientes a ese curso.

Para la recogida de datos se elaboraron dos cuestionarios (ver anexo 1). El primero de ellos, que se aplicó a toda la muestra, se centra en la caracterización de mezclas y sustancias puras, a partir de ejemplos cotidianos y consta de tres preguntas. En las dos primeras los/as alumnos/as deben identificar, respectivamente, si la mezcla de agua y aceite es homogénea o heterogénea y si la leche es una sustancia pura o una mezcla, justificando, además, los motivos de su elección. La tercera pregunta, pretende ahondar en el concepto que posee el alumnado de mezcla desde una perspectiva microscópica. Concretamente se les recuerda que la materia está formada por partículas y se les pide que representen,

mediante un dibujo, la mezcla que se obtiene al añadir al agua una porción de azúcar.

El segundo cuestionario profundiza en las sustancias puras, centrándose en la caracterización de sustancias simples y compuestos. Este se aplica únicamente al alumnado de 1º y 2º de ESO por ser en estos niveles donde se introduce su conceptualización. Se incluyen dos preguntas, en la primera se pide a los/as estudiantes que identifiquen como sustancia simple o como compuesto una sustancia muy conocida, el agua, especificando los motivos de su elección y, en la segunda, que realicen un dibujo representativo al respecto.

Para facilitar el análisis de los motivos dados por los/as alumnos/as para justificar sus elecciones, se realizó una primera revisión de los mismos, agrupándolos en diferentes categorías, en función de que el tipo de justificación empleada resulte más o menos adecuada desde el punto de vista científico.

Pregunta		Categorías	Frases ilustrativas
1.1. La mezcla de agua y aceite	Heterogénea	Se distinguen sus componentes	"Puede distinguirse el aceite y el agua" "Se ven a simple vista los dos"
		Otros criterios	"No se juntan" "Quedan separados"
	Homogénea	No se distinguen sus componentes	"No se distinguen sus partes"
		Otros criterios	"Se quedan mezcladas"
1.2. La leche es una:	Mezcla	Se identifican varios componentes	"Está formada por varias sustancias" "Tiene componentes"
		Otros criterios	"Tiene grasa"
	Sustancia pura	Se identifica un solo componente	"Es un tipo de materia" "Solo es un componente"
		Se asocia a natural	"Es natural, no le añaden nada" "Es pura porque sale de la vaca"
		Otros criterios	"Es un líquido" "No se mezcla con nada"
2.1. El agua es un:	Compuesto	Se identifica su composición macroscópica	"Tiene hidrógeno y oxígeno" "Formado por varios elementos"
		Se asocia a mezcla	"Esta formada por sustancias distintas" "Formado por dos o más materiales"
		Se identifica su constitución atómica	"Formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno"
	Sustancia simple	Se identifican propiedades	"Es incolora"
		Se asocia a sustancia pura/natural	"No se tiene que fabricar", "Es natural"

Tabla 1.- Categorías y frases ilustrativas de justificaciones empleadas por el alumnado respecto a la caracterización de distintos sistemas materiales.

En la tabla 1 se presentan las categorías establecidas y algunas frases representativas de las mismas. Respecto a la caracterización de las mezclas

(agua y aceite; leche) se ha diferenciado entre justificaciones próximas a las empleadas en el contexto escolar ("se distinguen sus componentes a simple vista" y "se identifican varios componentes", respectivamente) y otras más asociadas al contexto cotidiano ("el aceite y el agua quedan separados" "la leche tiene grasa, calcio, vitaminas..."). Además, en el caso de la leche se tuvo en cuenta una tercera categoría, relativa a la asociación "sustancia pura/natural". En cuanto a la caracterización del agua como sustancia simple o compuesto, se distinguieron justificaciones escolares macroscópicas ("identificación de sus propiedades de composición") y microscópicas ("identificación de su constitución atómica"), así como otras relativas a asociaciones inadecuadas ("sustancia simple/pura-natural" y "compuesto-mezcla").

Los dibujos realizados por los/as estudiantes también fueron categorizados. En la tabla 2 se muestran dichas categorías y los correspondientes dibujos representativos.

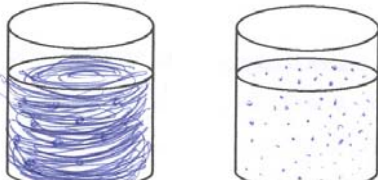
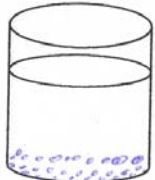
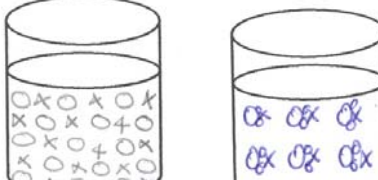

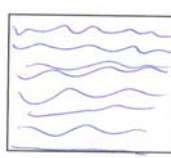
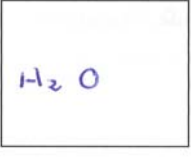
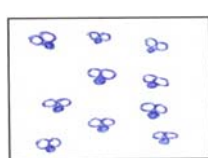
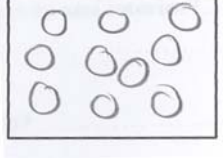
Pregunta	Categorías/dibujos ilustrativos			
1.3. Representación de azúcar en agua	Distribución homogénea		Distribución heterogénea	
				
	auga e azúcre Continua	auga e azúcre Partículas no diferenciadas	auga e azúcre Partículas no diferenciadas	
				
	auga e azúcre Partículas diferenciadas separadas	auga e azúcre Partículas diferenciadas unidas	auga e azúcre Partículas diferenciadas	
2.2. Representación del agua				
	Macroscópica	Simbólica	Molecular	Partículas no diferenciadas

Tabla 2.- Categorías y dibujos ilustrativos realizados por los/as alumnos/as para representar distintos sistemas materiales.

En el caso de la mezcla de azúcar y agua se distinguieron dos grandes grupos, en función de la distribución del azúcar en el interior del agua ("homogénea" y "heterogénea") que, a su vez, se subdividieron según el tipo de representación realizada de los mismos ("continua"; "partículas no diferenciadas"; "partículas diferenciadas separadas"; "partículas diferenciadas unidas"). En cuanto al agua, se distinguió entre representaciones macroscópicas, simbólicas, moleculares y otras de tipo microscópico ("partículas no diferenciadas").

Respecto al tratamiento conceptual que realizan los textos escolares de la diversidad de la materia se han analizado varios libros dirigidos al tercer ciclo de Educación Primaria y al primer ciclo de Educación Secundaria (ver anexo 2). En concreto se analizaron cinco editoriales diferentes de amplia difusión entre el profesorado de nuestro entorno (Anaya, Santillana, S.M., Rodeira y Vicens-Vives) que, a partir de ahora denominaremos respectivamente como A, B, C, D y E.

El análisis se centró en los siguientes aspectos: a) el concepto de mezcla y la diferenciación entre mezcla homogénea y heterogénea y b) el concepto de sustancia pura y la diferenciación de sustancias simples/elementos y compuestos. Para cada aspecto se elaboró un dossier, que se basó en el conocimiento deseable desde la Ciencia escolar, tratando de contemplar diferentes niveles de complejidad, desde la perspectiva macroscópica, que implica una caracterización de los distintos sistemas materiales en función de su composición y sus propiedades, hasta la interpretación microscópica, que requiere del uso de modelos teóricos más elaborados (ver tabla 8 en el apartado de resultados).

Tanto el análisis de las aportaciones de los/as estudiantes como de los libros de texto fue realizado independientemente por dos investigadores, discutiéndose las posibles discrepancias.

Resultados

Las ideas de los/as estudiantes

Con relación a la identificación que realizan los/as alumnos/as de los dos ejemplos de mezclas presentados, una amplia mayoría (más del 80% de 1º y 2º de ESO y alrededor del 60% de 6º de Primaria) reconocen que el agua y aceite forman una mezcla heterogénea (tabla 3). Sin embargo, menos del 25% de los/as alumnos/as de 6º de Primaria y de 1º de ESO admite que la leche esté formada por más de una sustancia, aunque el porcentaje asciende en torno al 40% en el colectivo de 2º ESO.

Por otra parte, el análisis de las respuestas individuales de cada alumno a las dos cuestiones formuladas muestra que, salvo excepciones (6 alumnos/as de 6º de Primaria, 3 de 1º de ESO y 1 de 2º), todos los que admiten que la leche es una mezcla reconocen también el carácter heterogéneo de la mezcla de agua y aceite.

En el caso de la mezcla de agua y aceite, la mayoría de los/as alumnos/as de 1º y 2º de ESO y alrededor de la mitad de los/as de 6º de Primaria que realizan una identificación adecuada de la misma, justifican su elección (tabla 4). Sin embargo, utilizan, sobre todo, "otros criterios", asociados al ámbito cotidiano ("no se juntan", "quedan separados", "se

quedan mezcladas"). Por el contrario, el uso de criterios más próximos a los empleados en el contexto escolar ("puede distinguirse el aceite y el agua", "se ven a simple vista los dos", "no se distinguen sus partes"), son menos considerados, especialmente entre el alumnado de menor edad. La mayor parte de los/as alumnos/as que realizan una identificación inadecuada de la mezcla, como homogénea, optan por no justificar su respuesta.

Tipo de mezcla	Se identifica como:	6º EP n=140	1º ESO n=102	2º ESO n=94
Agua y aceite	Heterogénea	87 (62.2%)	89 (87.4%)	83 (88.3%)
	Homogénea	38 (27.1%)	11 (10.8%)	9 (9.5%)
	N/C	15 (10.7%)	2 (1.8%)	2 (2.2%)
Leche	Mezcla	20 (14.3%)	23 (22.5%)	38 (40.4%)
	Sustancia pura	110 (78.5%)	74 (72.6%)	52 (55.3%)
	N/C	10 (7.2%)	5 (4.9%)	4 (4.3%)

Tabla 3.- Identificación que realizan los/as alumnos/as de las mezclas. (n = nº de alumnos/as de cada curso que identifican la mezcla de agua y aceite como homogénea/heterogénea).

Categorías	Se identifica como mezcla homogénea			Se identifica como mezcla heterogénea		
	6º EP n= 38	1º ESO n= 11	2º ESO. n= 9	6º EP n=87	1º ESO n= 89	2º ESO n= 83
Se distinguen sus componentes	3 (7.9%)	--	2 (22.2%)	5 (1.1%)	17 (19.1%)	24 (28.9%)
Otros criterios	8 (21.1%)	2 (18.2%)	--	39 (44.8%)	50 (56.2%)	47 (56.6%)
Ninguna	27 (71.1%)	9 (81.8%)	7 (77.8%)	43 (49.4%)	22 (24.7%)	12 (14.5%)

Tabla 4.- Justificaciones empleadas por los/as alumnos/as respecto al carácter homogéneo/heterogéneo de la mezcla de agua y aceite.

En cuanto a la caracterización de la leche, la gran mayoría de los/as alumnos/as de 2º de ESO que la identifican como mezcla justifica su respuesta, mientras solo algo más de la mitad del alumnado de los otros dos cursos aporta alguna justificación (tabla 5). La justificación más empleada por más de la mitad del alumnado de los distintos cursos, se corresponde con la categoría más próxima al ámbito escolar ("está formada por varias sustancias", "tiene varios componentes").

Los/as estudiantes de los distintos cursos que consideran la leche como sustancia pura, emplean mayoritariamente "otros criterios" asociados al ámbito cotidiano ("es un líquido", "no se mezcla con nada"), aunque un porcentaje considerable emplea argumentos clasificados en la categoría "se asocia a natural".

El análisis de los dibujos que realizan los/as estudiantes para representar la mezcla de azúcar en agua muestra que más del 70% de todos los cursos reconoce su distribución homogénea. Sin embargo, se aprecian diferencias entre ellos en cuanto al tipo de representación realizada (tabla 6). La mayoría de los/as alumnos/as, sobre todos de 6º de Primaria y de 2º de ESO, dibujan partículas o simples "puntitos" no diferenciados. Por el contrario la proporción de alumnos/as que representa partículas

diferenciadas de azúcar y de agua es menor, aunque alcanza el 30% en 1° de ESO. Cabe señalar también que un reducido número de estudiantes de cada curso dibuja partículas diferenciadas de ambas sustancias unidas entre sí (algunos dibujos ilustrativos se muestran en la tabla 2).

Categorías	Se identifica como s. pura			Se identifica como mezcla		
	6° EP n= 110	1° ESO n= 74	2° ESO n=52	6° EP n= 20	1° ESO n= 23	2° ESO n= 38
Se identifica uno/ varios componentes	6 (5.4%)	4 (5.4%)	4 (7.7%)	11 (55%)	13 (56.5%)	29 (76.3%)
Otros criterios	30 (27.3%)	21 (28.4%)	19 (36.5%)	1 (5%)	3 (13.1%)	7 (18.4%)
Se asocia a natural	37 (33.6%)	36 (48.6%)	15 (28.8%)	--	--	--
Ninguna	38 (34.5%)	13 (15.6%)	14 (26.9%)	8 (40%)	7 (30.4%)	2 (5.3%)

Tabla 5.- Justificaciones empleadas por los/as alumnos/as respecto a la identificación como sustancia pura/mezcla de la leche. (n = n° de alumnos/as de cada curso que identifican la leche como sustancia pura/mezcla)

Categorías		6° EP n=140	1° ESO n=102	2° ESO n=94
Distribución homogénea	Continua	9 (6.4%)	4 (3.9%)	5 (5.3%)
	Partículas no diferenciadas	79 (56.4%)	36 (35.3%)	49 (52.1%)
	Partículas diferenciadas separadas	7 (5.0%)	32 (31.4%)	12 (12.8%)
	Partículas diferenciadas unidas	6 (4.3%)	4 (3.9%)	9 (9.6%)
	Total	101 (72.1%)	76 (74.6%)	75 (79.8%)
Distribución heterogénea	Partículas no diferenciadas	25 (17.9%)	16 (15.7%)	11 (11.7%)
	Partículas diferenciadas	2 (1.4%)	3 (2.9%)	--
	Total	27 (19.3%)	19 (18.6%)	11 (11.7%)
N/C		12 (8.6%)	7 (6.9%)	8 (8.6%)

Tabla 6.- Representaciones realizadas por los/as alumnos/as de la mezcla de azúcar y agua

El análisis de las respuestas a las cuestiones dirigidas específicamente al alumnado de 1° y 2° de ESO muestra que la identificación del agua como compuesto es considerablemente mayor en 2° que en 1° (58.8% y 84% respectivamente) (tabla 7). La mayoría de los/as alumnos/as, sobre todo del 2° curso, que identifican el agua como compuesto justifica su elección, siendo el argumento más empleado en los dos cursos su composición macroscópica ("tiene hidrógeno y oxígeno", "formado por varios

elementos"). Por el contrario, sólo el 13% de los/as estudiantes de 1º curso se refiere a su constitución atómica ("formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno"), aunque el porcentaje asciende al 38% en 2º curso. Cabe destacar también la presencia, aunque reducida, de otras justificaciones que implican una confusión entre compuesto y mezcla ("está formada por sustancias distintas", "formada por dos o más materiales").

Respecto a la representación que realizan los/as estudiantes del agua, un porcentaje considerable de los que la identifican como compuesto (el 35% de 1º de ESO y el 44.3% de 2º), dibuja las moléculas que la constituyen. Además, aunque en menor proporción, se hallaron también representaciones microscópicas inadecuadas (partículas de oxígeno e hidrógenos separadas o incluso no diferenciadas). Sin embargo, el uso de representaciones, tanto de tipo macroscópico como simbólico, es poco frecuente (entre el 10% y el 20% en ambos cursos). Por otra parte, al comparar las justificaciones de los/as alumnos/as que identificaron al agua como compuesto y los dibujos que realizan de ella, se observa que todos los que espontáneamente se habían referido a su constitución atómica, realizan a continuación una representación molecular o cuando menos simbólica del agua.

Categorías		Se reconoce como compuesto		Se reconoce como sustancia simple	
		1º ESO n= 60 ⁽¹⁾	2º ESO n= 79 ⁽²⁾	1º ESO n=32 ⁽³⁾	2º ESO n= 11 ⁽⁴⁾
Tipo de justificación	Se identifica su composición	33 (55.0%)	33 (41.8%)	--	--
	Se asocia a mezcla	6 (10.0%)	12 (15.2%)	--	--
	Se asocia a sustancia pura/ natural	--	--	15 (46.9%)	5 (45.5%)
	Se identifica su constitución atómica	8 (13.3%)	30 (38.0%)	--	--
	Ninguna	13 (21.7%)	4 (5.1%)	17 (53.1%)	6 (54.6%)
Tipo de representación	Macroscópica	11 (18.3%)	8 (10.1%)	15 (46.9%)	2 (18.2%)
	Simbólica	11 (18.3%)	12 (15.2%)	--	2 (18.2%)
	Molecular	21 (35.0%)	35 (44.3%)	1 (3.1%)	2 (18.2%)
	Partículas separadas o no diferenciadas	7 (11.7%)	15 (19.0%)	3 (9.4%)	1 (9.1%)
	N/C	10 (16.7%)	9 (11.4%)	13 (40.6%)	4 (36.4%)

Tabla 7.- Caracterización del agua realizada por el alumnado. ⁽¹⁾ Representa el 58.8% del total de alumnos/as de 1º de ESO. ⁽²⁾ Representa el 84.0% del total de alumnos/as de 2º de ESO. ⁽³⁾ Representa el 31.4% del total de alumnos/as de 1º de ESO. ⁽⁴⁾ Representa el 11.7% del total de alumnos/as de 2º de ESO).

La práctica totalidad de los/as alumnos/as que identifican el agua como sustancia simple emplea argumentos que implican una asociación con sustancia pura/natural ("no se tiene que fabricar", "es natural") o bien no justifican su respuesta. En cuanto a la representación que realizan del agua, la gran mayoría de los/as alumnos/as de 1º de ESO la dibuja a nivel macroscópico o no realiza ningún dibujo, mientras que los de 2º realizan dibujos más variados, correspondientes a las distintas categorías establecidas.

Tratamiento conceptual en los textos escolares

Todas las editoriales analizadas incluyen el estudio de los tipos de materia, tanto en tercer ciclo de Educación Primaria como en primer ciclo de ESO. En Primaria dicho estudio se centra en la caracterización de sustancias puras y mezclas, abordándose en un solo curso; concretamente tres editoriales (B, C, D) lo hacen en 5º y las otras dos (A y E) en 6º. En ESO todas las editoriales retoman su estudio en 1º curso, introduciendo, además, la caracterización de sustancias simples y compuestos. Todas ellas, excepto la B, reiteran algunos aspectos relativos al tema en 2º curso.

Respecto al tratamiento conceptual que realizan las editoriales se aprecian diferencias entre niveles educativos (tabla 8). Así, en Educación Primaria, todas ellas caracterizan macroscópicamente a las mezclas como aquellas formadas por dos o más componentes y presentan diferentes técnicas de separación. Asimismo, diferencian empíricamente entre mezclas homogéneas y heterogéneas, en función de la distinción o no, a simple vista, de dichos componentes. En ESO, todas las editoriales insisten nuevamente en 1º curso en estos aspectos y, excepto la A, en las diferentes técnicas de separación. Cuatro editoriales (A, B, C y E) destacan, además, el carácter variable de las propiedades de las mezclas, según la proporción de sus componentes. Asimismo, la editorial E incluye un segundo criterio empírico para diferenciar las mezclas homogéneas y heterogéneas, la igualdad o no de propiedades en sus distintos puntos. La editorial A es la única que caracteriza las mezclas a nivel microscópico ("formadas por partículas diferentes"), representándolas en términos atómico-moleculares, mediante un conjunto de esferas diferentes. Sin embargo, no recurre a ese nivel para diferenciar los dos tipos de mezcla (homogénea/heterogénea).

En Educación Primaria sólo dos editoriales (B y E) introducen el concepto macroscópico de sustancia pura, definiéndola como aquella "formada por un solo tipo de materia" y que "posee unas propiedades características". Sin embargo, en 1º de ESO, cuatro editoriales (A, B, C y E) no solo abordan este particular, sino que también incluyen su caracterización microscópica ("formadas por un solo tipo de moléculas"), aunque, solo la editorial A ilustra gráficamente tal caracterización en el sentido citado anteriormente. Asimismo, las editoriales C y E insisten en 2º de ESO en la caracterización macroscópica de las sustancias puras y la E, además, en su caracterización microscópica. La editorial D es la única que destaca en 1º de ESO que las sustancias puras "son un tipo de materia y no se pueden separar por métodos físicos".

Todas las editoriales circunscriben la caracterización de los distintos tipos de sustancias puras (simples y compuestos) a la ESO. Sin embargo, existen diferencias entre sus propuestas. Así, las editoriales A, D y E utilizan el

término elemento como equivalente al de sustancia simple, definiéndolo como “sustancia formada por un solo tipo de átomos”. Paralelamente, los compuestos son definidos como “sustancia formada por la unión de átomos diferentes”. Todas ellas trabajan estos aspectos tanto en 1º como en 2º de ESO. Por el contrario, las editoriales B y C introducen, solo en 1º de ESO, el significado microscópico de elemento (“un tipo de átomo”), caracterizando a las sustancias simples como aquellas “formadas por átomos de un mismo elemento” y a las compuestas como “unión de átomos de elementos diferentes”. En todos los casos, las editoriales incluyen, además, representaciones atómico-moleculares de ambos tipos de sustancias, empleando el ya citado modelo de esferas. Por otra parte, cabe señalar que solo dos editoriales, C y E, introducen, además, una primera caracterización empírica de ambos tipos de sustancias, en función de que puedan o no descomponerse en sustancias mas sencillas.

CATEGORÍAS			5º/6º EP	1º ESO	2º ESO
Mezcla	Concepto	Formada por dos o más componentes	A B C D E	A B C D E	
		Se pueden separar por métodos físicos (especifica técnicas de separación)	A B C D E	B C D E	
		Sus propiedades varían según la proporción de sus componentes		A B C E	
		Formadas por partículas diferentes		A*	
	Tipos	Homogénea			
		Partículas repartidas uniformemente			
		Heterogénea			
	Tipos	Heterogénea			
		Partículas no repartidas uniformemente			
Sustancia pura	Concepto	Formada por un solo tipo de materia	B E	A B C D E	
		No se pueden separar por métodos físicos		D	
		Tiene propiedades características	B E	A B C E	C E
		Formada por un solo tipo de moléculas		A*B C E	E
	Tipos	S. Simple			
		Se identifica con elemento		A D E	
		No puede descomponerse en otras más sencillas		C E	E
		Formada por un único tipo de átomos		A* D*E*	A*D* E*
		Formada por átomos de un mismo elemento (definido como tipo de átomo)		B*C*	
		Compuesto			
		Se puede descomponer en sustancias más sencillas		C E	E
		Sustancia formada por la unión de átomos diferentes.		A* D*E	A* D*E*
		Formada por la unión de átomos de elementos diferentes		B*C*	

Tabla 8.- Aspectos conceptuales tratados por las editoriales sobre los tipos de materia. (* Incluye la representación atómico-molecular de ejemplos concretos.)

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo ponen de manifiesto que los alumnos/as, tanto de Primaria como de ESO, poseen una concepción restringida de mezcla, reconociendo aquellas en las que se diferencian sus componentes (agua y aceite) y excluyendo otras de aspecto homogéneo (leche). Esta concepción reduccionista quizás responda a un análisis meramente observacional de los sistemas materiales, que conduce a los/as estudiantes, como muestran los resultados, a realizar justificaciones centradas en lo perceptible. De hecho, son éstas mucho más habituales, incluso entre el alumnado de mayor edad, que las próximas a la justificación académica deseable, que debería hacer referencia a su composición y a sus propiedades variables en función de la misma. Por otra parte, la idea restringida de mezcla también podría estar relacionada con la necesidad que tiene el sujeto de asociar la mezcla a la acción de “mezclar” dos (o más) componentes, generalmente bien conocidos, que previamente se encontraban separados. Lo indicado, así como el significado atribuido al término puro en el lenguaje cotidiano (Lloréns, 1991; Pozo *et al.*, 1991), podría explicar que se identifique como sustancia pura un producto, como la leche, que se presenta naturalmente mezclado y, por tanto, se perciben como un solo tipo de materia. De hecho, los pocos estudiantes que consideran la leche como mezcla parecen disponer de una concepción más abstracta de la misma y próxima a la caracterización escolar deseable, pues se refieren específicamente a sus distintos componentes.

De forma similar a resultados obtenidos en otros trabajos (Hierrezuelo y Montero, 1989), los/as alumnos/as de las distintas edades no recurren de forma espontánea al nivel microscópico para la caracterización de las mezclas. Asimismo, cuando se les solicita explícitamente el uso de este nivel explicativo, tienen dificultades para aproximarse a una representación adecuada desde la perspectiva de la Ciencia escolar (partículas de azúcar distribuidas homogéneamente entre las partículas de agua). Concretamente, los/as alumnos/as optan mayoritariamente por dibujar partículas indiferenciadas o simples “puntitos”, que se pueden asociar a lo que Lloréns (1991) denomina modelo de “puntuación de la materia” que, más que una referencia a las partículas, puede significar una representación de “elementos percibidos” (Benarroch, 2001), concretamente de pequeños granos de azúcar dispersos en el interior del agua (Prieto *et al.*, 1989). En síntesis, lo indicado parece sugerir que el alumnado, incluso de mayor edad, conjuga el conocimiento intuitivo de la vida diaria con ciertas nociones científicas, extraídas del contexto escolar, que, además, aplica de forma inadecuada (Prieto *et al.*, 2000).

Los/as alumnos/as de ESO manifiestan poseer unos conocimientos más elaborados, desde el punto de vista académico, respecto a la identificación del agua como compuesto, en cuanto que no solo citan su composición (hidrógeno y oxígeno), sino que incluso se refieren, ya de forma espontánea, al nivel atómico-molecular, realizando, además, una adecuada representación molecular, que trasciende el simple empleo de su conocida fórmula. En cualquier caso, cabe señalar la persistencia de algunas concepciones inadecuadas, que implican una asociación entre compuesto y mezcla. El hecho de que estas asociaciones hayan sido detectadas, tanto en los argumentos empleados por el alumnado para justificar que el agua es

un compuesto como en las representaciones realizadas al respecto, da cuenta de su estabilidad, ampliamente destacada por la bibliografía (Ben-Zvi *et al.*, 1986; Briggs y Holding, 1986).

El análisis de los textos más empleados en el aula muestra que las ideas que activan los/as alumnos/as podrían estar influidas por el tratamiento que realizan dichos textos de los distintos tipos de materia. En esta línea cabe señalar que, aunque las mezclas se trabajan ya desde Primaria, reiterándose en Secundaria, su estudio plantea una evolución conceptual restringida al ámbito macroscópico. De esta forma, se parte de una sencilla definición escolar de mezcla en términos perceptivos, asociada a la existencia de dos o más componentes y a la propia acción de “mezclar y separar”, hasta introducir la idea de variabilidad de sus propiedades en función de la proporción de las sustancias que la componen. Lo indicado podría explicar las dificultades, ya mencionadas, que tienen los/as alumnos/as para identificar la leche como una mezcla, pues la insistencia de los textos en la acción de mezclar y en las clásicas técnicas de separación de mezclas, excluye el uso de otras técnicas, como la centrifugación, que permitiría evidenciar algunos componentes de la leche. Asimismo, la ausencia de la interpretación microscópica de las mezclas, también explicaría las ya referidas dificultades del alumnado en este sentido.

Por otra parte, el estudio de las mezclas debería estar asociado a la paralela caracterización de las sustancias puras. Sin embargo, los libros presentan deficiencias en este sentido, al no tratarlas simultáneamente, retrasando la inclusión de estas últimas a secundaria. Además, no emplean el mismo nivel explicativo para caracterizar ambos tipos de materia, pues si bien las sustancias puras se abordan tanto a nivel macroscópico -propiedades características constantes-, como microscópico –mismo tipo de moléculas-, en la línea sugerida por Benarroch (2000), el estudio de las mezclas, como ya indicamos, se restringe al nivel macroscópico, también en Secundaria. Tal restricción impide al alumnado diferenciar los dos tipos de sistemas materiales desde ambos niveles explicativos lo que, sin duda, resultaría muy recomendable para alcanzar su deseable comprensión y diferenciación conceptual.

El planteamiento del estudio de las sustancias simples y compuestas que realizan los textos también podría explicar los conocimientos mostrados por el alumnado al respecto. En general, las editoriales introducen por primera vez este tema en secundaria, incidiendo sobre todo en su caracterización y diferenciación microscópica, en términos atómico-moleculares, incluyendo, además, representaciones gráficas ilustrativas al respecto. Posiblemente, ello, sea la causa de que una proporción apreciable de estudiantes, sobre todo de mayor edad, no muestren tanto problemas y manifiesten unos conocimientos más académicos. Por otra parte, el escaso énfasis en la identificación macroscópica de sustancias simples y compuestas y en su caracterización como sustancias puras podría explicar algunas asociaciones inadecuadas a las que nos hemos referido anteriormente.

Por último, cabe señalar que algunos textos incurren en una cierta imprecisión, al emplear el término elemento como equivalente a sustancia simple. Tal imprecisión no promueve la necesaria diferenciación entre los diferentes niveles, macroscópico y microscópico, de descripción de la

materia, lo que constituye un aspecto clave para la identificación y caracterización de los distintos sistemas materiales (Bullejos *et al.*, 1995). De esta forma, sustancias simples, como por ejemplo, los gases (oxígeno y ozono) o las distintas formas alotrópicas del carbono (grafito/diamante), serían difíciles de identificar como sustancias simples diferenciadas.

Conclusiones y consideraciones finales

Los/as alumnos/as manifiestan problemas para caracterizar los distintos tipos de materia desde la perspectiva de la Ciencia escolar. Por otra parte, los textos habitualmente empleados no favorecen una adecuada caracterización de los mismos, pues incurren en ciertas deficiencias. Una de las más importantes es el tratamiento diferencial que realizan de los distintos sistemas materiales, más focalizado hacia el ámbito microscópico en el caso de las sustancias simples/compuestos y centrado exclusivamente en el ámbito macroscópico en el caso de las mezclas. Este tratamiento diferencial resulta coherente con el hecho de que el alumnado interprete y caracterice los sistemas materiales desde ópticas diferentes. Así, suele utilizar la interpretación microscópica solo a las “sustancias químicas”, que, además, suelen representarse a nivel simbólico. Por el contrario, es lógico que circunscriba la caracterización de las mezclas al ámbito macroscópico. Por otra parte, el escaso énfasis de los textos en la caracterización macroscópica de las sustancias simples y compuestas, tampoco ayuda a su adecuada conceptualización como sustancias puras.

Tomando como referente lo hasta ahora indicado, a nuestro juicio, sería imprescindible que desde el ámbito escolar se promoviese una visión unitaria de los distintos tipos de materia, abordando su estudio de forma que favorezca su caracterización y diferenciación, tanto desde un modelo macroscópico como microscópico. Concretamente, sugerimos que, ya en Primaria, el tratamiento de las mezclas insista en las experiencias de mezclar y separar sustancias, incluso ampliando las técnicas de separación. Sin embargo, también sería necesario profundizar en las características de lo que separamos en comparación con la mezcla inicial, lo que permitiría una primera introducción del concepto de sustancia pura desde una perspectiva empírica. Esta caracterización de los sistemas materiales a nivel macroscópico debe servir de base para realizar el correspondiente estudio microscópico, ya en Secundaria. Dicho estudio, que también permite diferenciar las sustancias puras en simples y compuestas, debe relacionarse con su diferente comportamiento empírico, pues todo modelo explicativo ha de dar cuenta de la realidad. Entendemos que este tratamiento dual y progresivamente más complejo y abstracto de los sistemas materiales, favorecerá una mejor diferenciación y conceptualización de los mismos.

Finalmente, conviene indicar que sería necesario superar la imprecisión conceptual detectada en cuanto a la equivalencia entre sustancia simple y elemento. Si bien ambos conceptos están relacionados, existen importantes diferencias entre ellos. Tales diferencias demandan una clara profundización en el concepto de sustancia simple a nivel macroscópico, en conexión con el de elemento o elementos que la componen a nivel microscópico.

Nota: Este trabajo forma parte del proyecto de investigación PGIDT04PXIB10601PR, financiado por la Xunta de Galicia.

Referencias bibliográficas

- Azcona R, Furió C, Intxausti S y Alvarez A. (2004). ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender que es una sustancia?. *Alambique*, 40, 7-17.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. y Silberstein J. (1986). Is an atom of copper malleable?. *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- Benarroch, A. (2000). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique*, 23, 95-108.
- Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpúscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 19, 123-134.
- Briggs, H. y Holding, B. (1986). *Aspects of secondary student's understanding of elementary ideas in Chemistry*. Leeds: Centre for Estudios in Science and Mathematics Education.
- Bullejos, J., De Manuel, E. y Furió, C. (1995). ¿Sustancias simples y/o elementos? Uso del término elemento químico en los libros de texto. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 9, 27-42.
- Caamaño, A y Hueto, A. (1992). *Orientaciones teórico-prácticas para la elaboración de unidades didácticas*. Madrid: MEC.
- Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique*, 41, 68-81.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood-Robinson, V. (1999). *Dando sentido a la Ciencia en secundaria*. Madrid: Visor.
- Furió, C. y Domínguez, C. (2001). *Conocer la historia de la Ciencia para comprender las dificultades de los estudiantes sobre el concepto de sustancia química*. VI Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona.
- Furió, C. y Domínguez, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 241-258.
- Furió, C., Domínguez, C., Azcona, R. y Guisasola, J. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento químico. F. J. Perales y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 421-448). Alcoy: Marfil.
- Furió, C., Calatayud, M. L., Guisasola, J. y Furió-Gómez, C. (2005). How are the Concepts and Theories of Acid-Base Reactions Presented? Chemistry in textbooks and as Presented by Teachers. *International Journal of Science Education*, 27, 1337-1358.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76, 548-554.

García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2003). Las actividades de Primaria y ESO incluidas en los libros de texto. ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan?, *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 243-264.

García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2005). *La nutrición en textos escolares del último ciclo de Primaria y primero de Secundaria*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada.

García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2007). *Pupils' ideas about reproduction in connection with the way it is dealt with school texts*. ESERA. Malmö (Suecia).

Gómez Crespo, M. A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la Química. *Alambique*, 7, 37-44.

Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1989). *La Ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Madrid: Laia-MEC.

Lloréns, J. A. (1991). *Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.

Martínez Losada, C. y García Barros, S. (2006). ¿Qué modelo de gas utilizan los alumnos de 3er ciclo de primaria y 1er ciclo de ESO?. En A.L. Cortés Gracia y M.D. Sánchez González (eds.), *Educación científica: Tecnologías de la información y la Comunicación y Sostenibilidad* (CD-Rom). Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar Ciencia*. Madrid: Morata.

Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M. y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química*. Madrid: C.I.D.E..

Prieto, T., Blanco, A. y González F. (2000). *La materia y los materiales*. Madrid: Síntesis.

Prieto, T., Blanco, A. y Rodríguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14 year old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11, 451-463.

Sánchez Blanco, G. y Valcárcel, M. V. (2003). Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura. *Alambique* 53, 45-52.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.

Solsona, N. y Izquierdo, M. (1998). La conservación del elemento, una idea inexistente en el alumnado de secundaria. *Alambique*, 17, 76-84.

Anexo 1

Cuestionario 1

- 1.1. Si mezclamos agua y aceite obtenemos una mezcla: homogénea [] heterogénea []. ¿Qué dirías para justificar tu elección?
- 1.2. La leche es: una sustancia [] una mezcla []. ¿Qué dirías para justificar tu elección?
- 1.3. Los científicos afirman que todas las cosas están formadas por partículas, tan pequeñas que no se pueden ver, ni siquiera al microscópico.
- Imagina que tienes unos anteojos mágicos con los que puedes llegar a ver estas partículas. Dibuja lo que verías en el siguiente caso: Añades al agua una cucharada de azúcar y revuelves.

Cuestionario 2

- 2.1. ¿El agua es una sustancia simple o un compuesto?... ¿En qué te basas para afirmarlo?
- 2.2. ¿Cómo la representarías?

Anexo 2

Brotons, J. R., Gómez Gil, R. y Valbuena, R. (2003). Coñecemento do Medio 5 Galicia. Madrid: Anaya.

Brotons, J. R., Gómez Gil, R. y Valbuena, R. (2003). Coñecemento do Medio 6 Galicia. Madrid: Anaya.

Balibrea, S., Reyes, M., Correa, J., Álvarez, A. y Sáez, A. (2004). Ciencias da Natureza 1. Toledo: Anaya.

Balibrea, S., Reyes, M., Correa, J., Álvarez, A. y Sáez, A. (2004). Ciencias da Natureza 2. Toledo: Anaya.

Zarzuelo, C. y Perales, A. (2004). Coñecemento do Medio 5 Galicia. Entre amigos. Madrid: Obradoiro - Santillana.

Zarzuelo, C., Perales, A., Bande, M., Maeztu, V., Fernández, V., Aguilar, M. y Tarifa, A. (2003). Coñecemento do Medio 6 Galicia. Entre amigos. Madrid: Obradoiro - Santillana.

González Serén, X. A. (2004). Ciencias da Natureza 1. Serie supernova. Santiago de Compostela: Obradoiro - Santillana.

Cerezo, X. M. y Guerra, A. M. (2003). Ciencias da Natureza 2. Santiago de Compostela: Obradoiro - Santillana.

Pastor, A., Ruiz, F. y Fariña, D. (2003). Coñecemento do Medio 5. Novo proxecto mundo para todos. Madrid: SM.

Pastor, A., Ruiz, F., Valverde, J. A., Valbuena, M. y Fariña, D. (2002). Coñecemento do Medio 6. Novo proxecto mundo para todos. Madrid: SM.

Pedrinaci, E., Gil, C., Carrión, F. y De Dios, J. (2003). Ciencias da Naturaza 1. Proxecto Ecosfera. Madrid: SM.

Pedrinaci, E., Gil, C., Carrión, F. y De Dios, J. (2003). Ciencias da Natureza 2. Proxecto Ecosfera. Madrid: SM.

Belsa, M., Canal, S., López Andrés, P., Palomares, M. y Seoane, A. (2003): Coñecemento do Medio 5. A Coruña: Rodeira - Grupo Edebé.

Belsa, M., Canal, S., Castillo, X. M., López Andrés, P., Palomares, M. y Seoane, A. (2003): *Coñecemento do Medio 6*. A Coruña: Rodeira - Grupo Edebé.

Mola, X. L., Canal, S., Sala, O. y Suárez García, M. (2003). *Ciencias da Natureza 1*. A Coruña: Rodeira - Grupo Edebé.

Canal, S., Mola, X. L., Sala, O. y Suárez García, M. (2003). *Ciencias da Natureza 2*. A Coruña: Rodeira - Grupo Edebé.

Casajuana, R., Cruells, E., Escalas, T., García, M., Gatell, C. Carrera, M. y Molinero, F. (2004). *Medio Galicia 5*. A Coruña: Vicens-Vives.

Casajuana, R., Cruells, E., Escalas, T., García, M., Gatell, C., Ortega, R. y Roig, J. (2003). *Medio Galicia 6*. A Coruña: Vicens-Vives.

Fernández Esteban, M. A., Mingo, B., Torres, M^a. D. y Rodríguez Bernabé, R. (2004). *Ciencias da Natureza 1. Ámbito*. A Coruña: Vicens-Vives.

Fernández Esteban, M. A., Mingo, B., Rodríguez Bernabé, R., Torres, M^a. D., Martínez de Murguía, M. J. y Buixaderas, N. (2003). *Ciencias da Natureza 2. Ámbito*. A Coruña: Vicens-Vives.